

## (12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
7. Februar 2002 (07.02.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/11214 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 33/00 (72) Erfinder; und  
 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOKOR, Dieter  
 (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/02849 [DE/DE]; Eichenstr. 1, 82024 Taufkirchen (DE). ELLENS, Andries [NL/DE]; Hofangerstr. 133, 81735 München (DE). HUBER, Günter [DE/DE]; Scheyerer Str. 78a, 86529 Pfaffenhofen (DE). ZWASCHKA, Franz [DE/DE]; Egerländerstr. 31, 85737 Ismaning (DE). JERMANN, Frank [DE/DE]; Rotkäppchenstr. 98, 81739 München (DE). KOBUSCH, Manfred [DE/DE]; Rudolf-Zorn-Str. 4, 81739 München (DE). OSTERTAG, Michael [DE/DE]; Cincinnatistr. 50, 81549 München (DE). ROSSNER, Wolfgang [DE/DE]; Dekan-Imminger-Str. 25, 83607 Holzkirchen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. Juli 2001 (27.07.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
100 36 940.5 28. Juli 2000 (28.07.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): PATENT TREUHAND GESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE GLÜHLAMPEN MBH [DE/DE]; Hellabrunner Str. 1, 81543 München (DE). OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH & CO. OHG [DE/DE]; Werner-Werk-Str. 2, 93049 Regensburg (DE).

(74) Anwalt: POKORNY, Gerd; c/o Osram GmbH, Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

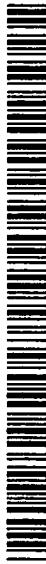
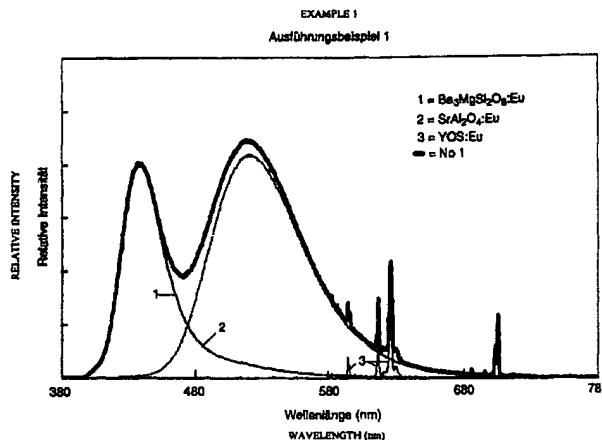
(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) Title: ILLUMINATION DEVICE WITH AT LEAST ONE LED AS THE LIGHT SOURCE

(54) Bezeichnung: BELEUCHTUNGSEINHEIT MIT MINDESTENS EINER LED ALS LICHTQUELLE

**WO 02/11214 A1**

(57) Abstract: The invention relates to a luminescence conversion LED based illumination device that emits primarily radiation in the range of from 370 and 430 nm of the optical spectrum (peak wavelength). Said radiation is converted to radiation having a longer wavelength using three luminescent substances that emit in the red, green and blue range.

(57) Zusammenfassung: Beleuchtungseinheit auf Basis einer Lumineszens-Konversions-LED, die primär Strahlung im Bereich zwischen 370 und 430 nm des optischen Spektralbereichs emittiert (Peakwellenlänge), wobei diese Strahlung unter Zuhilfenahme von drei Leuchtstoffen, die im Roten, Grünen und Blauen emittieren, in längerwellige Strahlung konvertiert wird.

# WO 02/11214 A1

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten CN, JP, KR, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR)*
- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten CN, JP, KR, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR)*

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

**Patent-Treuhand-Gesellschaft  
für elektrische Glühlampen mbH., München**

**Beleuchtungseinheit mit mindestens einer LED als Lichtquelle**

**Technisches Gebiet**

Die Erfindung geht aus von einer Beleuchtungseinheit mit mindestens einer LED als Lichtquelle gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Es handelt sich insbesondere um eine im Sichtbaren oder Weißen emittierenden Lumineszenz-Konversions-LED auf der Basis einer primär im nahen UV oder kurzwelligen Blau emittierenden LED.

**Stand der Technik**

5 LEDs, die weißes Licht abgeben, werden derzeit vorwiegend durch die Kombination einer im Blauen bei etwa 460 nm emittierenden Ga(In)N-LED und eines gelb emittierenden YAG:Ce<sup>3+</sup>-Leuchtstoffs erzeugt (US 5 998 925 und EP 862 794). Allerdings sind diese Weißlicht-LEDs für Zwecke der Allgemeinbeleuchtung wegen ihrer schlechten Farbwiedergabe aufgrund fehlender Farbkomponenten (vor allem der 10 Rot-Komponente) nur eingeschränkt zu gebrauchen. Statt dessen wird auch versucht, primär blau emittierende LEDs mit mehreren Leuchtstoffen zu kombinieren um die Farbwiedergabe zu verbessern, siehe WO 00/33389 und WO 00/33390.

Grundsätzlich ist außerdem bekannt, weiß emittierende LEDs auch mit sogenannten organischen LEDs zu realisieren oder durch Zusammenschalten monochromer 15 LEDs mit entsprechender Farbmischung. Meist wird eine UV LED (Emissionsmaximum zwischen 300 und 370 nm) verwendet, die mittels mehrerer Leuchtstoffe, meist drei, die im roten, grünen und blauen Spektralbereich emittieren (RGB-Mischung) in weißes Licht umgewandelt werden (WO 98 39 805, WO 98 39 807 und WO 97 48 138). Als blaue Komponente sind als anorganische Leuchtstoffe 20 BaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup> oder ZnS:Ag<sup>+</sup> bekannt; als blaugrüne Komponente ZnS:Cu<sup>+</sup>, oder (Zn,Cd)S:Cu<sup>+</sup>, oder ZnS:(Al,Cu)<sup>+</sup>; als rote Komponente Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu<sup>2+</sup>. Außerdem wird eine Reihe organischer Leuchtstoffe empfohlen.

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

- 2 -

Für weiß emittierende Quellen von hoher Lichtqualität mit kleinen Dimensionen oder als Hintergrundbeleuchtung von z. B. LCDs sind Leuchtstofflampen und Glühlampen wenig geeignet. OLEDs sind dazu zwar besser geeignet, allerdings ist die UV-Beständigkeit von organischen Leuchtstoffen im Vergleich zu anorganische  
5 Leuchtstoffen schlechter. Außerdem sind die Herstellkosten höher. Blaue LEDs mit dem Leuchtstoff YAG:Ce<sup>3+</sup> (und davon abgeleiteten Granaten) sind prinzipiell ebenfalls geeignet, jedoch bestehen Nachteile in der Farboreinstellung: Nur in beschränkter Weise kann der Farbort derart gewählt werden, dass weißes Licht entsteht, das eine gute Farbwiedergabe ermöglicht, da der weiße Farbeindruck primär  
10 durch die Mischung blauer Emission der LED und gelber Emission des Leuchtstoffs entsteht. Der Nachteil von Leuchtstofflampen und UV-(O)LEDs besteht darin, dass UV-Energie in sichtbares Licht mit einer schlechten Energieeffizienz umgewandelt wird: UV-Strahlung (in Leuchtstofflampen 254 und 365 nm; in UV LEDs 300 - 370 nm) einer Wellenlänge von z. B. 254 nm wird umgewandelt in Licht mit einer Wellenlänge von 450-650 nm. Das bedeutet einen Energieverlust von 40 bis 60 % bei  
15 einer theoretischen Quanteneffizienz von 100%.

Organische Leuchtstoffe sind im allgemeinen schwieriger herzustellen als anorganische Leuchtstoffe, und sind darüber hinaus im allgemeinen zu instabil, um in Lichtquellen hoher Lebensdauer (z. B. über 30.000 Stunden) eingesetzt werden zu können.  
20

Dieser Stand der Technik hat einige bedeutende Nachteile hinsichtlich der Energieeffizienz der Kombination aus LED und Leuchtstoffen und/oder der Stabilität der Leuchtstoffe und/oder Beschränkungen hinsichtlich der geometrischen Dimensionen.

### Darstellung der Erfindung

25 Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Beleuchtungseinheit mit mindestens einer LED als Lichtquelle gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, die sich durch hohe Effizienz auszeichnet.

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

- 3 -

Diese Aufgaben werden durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

Die Erfindung ist besonders vorteilhaft im Zusammenhang mit der Entwicklung einer 5 im Sichtbaren bzw. Weißen emittierenden LED. Diese LED kann hergestellt werden durch Kombination einer im nahen UV oder sehr kurzwelligem blauen Licht (hier zusammenfassend als „kurzwellig“ bezeichnet) emittierenden LED mit einer Emissionswellenlänge zwischen 370 und 430 nm und mindestens einem der unten angeführten Leuchtstoffe, der die Strahlung der LED ganz oder teilweise absorbiert und 10 selbst in Spektralbereichen emittiert, deren additive Mischung mit dem Licht der LED und /oder anderen Farbstoffe weißes Licht mit guter Farbwiedergabe oder Licht mit einem gewünschten Farbton ergibt. Je nach Anwendung kann ein einziger Leuchtstoff mit den erfindungsgemäßen Eigenschaften ausreichen. Evtl. kann er auch mit einem oder mehreren anderen erfindungsgemäßen Leuchtstoffen oder 15 Leuchtstoffen anderer Klassen, beispielsweise vom Typ YAG:Ce, kombiniert werden. Das blaue Licht der LED ist hier nicht (oder kaum) direkt nutzbar, im Gegensatz zum Stand der Technik, der längerwelliges Blau (430 bis 480 nm) verwendet, sondern eignet sich nur zur primären Anregung der Leuchtstoffe.

Eine primäre Strahlungsquelle, deren Emission viel näher an der Wellenlänge 20 liegt, bei der die Leuchtstoffe emittieren, kann die Energieeffizienz erheblich steigern. Bei einer Quelle, die bei 400 nm emittiert, reduziert sich zum Beispiel der Energie-Verlust schon auf nur noch 12 bis 39%.

Das technische Problem liegt in der Entwicklung und Produktion ausreichend effizienter Leuchtstoffe, die im spektralen Bereich zwischen 370 nm und 430 nm anregbar sind und gleichzeitig ein passendes Emissionsverhalten zeigen. 25

Um eine farbige oder weiße LED zu realisieren, wird ein erfindungsgemäßer Leuchtstoff, evtl. in Verbindung mit einem oder mehreren anderen Leuchtstoffen mit einem möglichst transparenten Bindemittel kombiniert (EP 862 794). Der Leuchtstoff absorbiert das Licht der UV/Blau-Licht emittierenden LED ganz oder teilweise und 30 emittiert es in anderen Spektralbereichen wieder breitbandig, so dass eine Gesamtmission mit gewünschtem Farbton entsteht. Bisher gibt es kaum Leuchtstoffe, die diese Anforderungen so gut erfüllen wie die hier beschriebenen Leuchtstoffe. Sie

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

- 4 -

zeigen eine hohe Quanteneffizienz (typisch 70 %) und gleichzeitig eine spektrale Emission, die aufgrund der Empfindlichkeit des Auges als hell empfunden wird. Der Farbort lässt sich in einem weiten Bereich einstellen. Zu den Vorteilen dieser Leuchtstoffe zählen außerdem ihre relativ leichte, umweltschonende Herstellbarkeit,  
5 seine Ungiftigkeit und seine relativ hohe chemische Stabilität.

Die Erfindung betrifft insbesondere eine Beleuchtungseinheit mit mindestens einer LED als Lichtquelle (light emitting diode), die besondere spezifisch gewünschte Farbtöne erzeugt (beispielsweise Magenta) oder die beispielsweise weißes Licht erzeugt, indem eine primär kurzwellig (also UV bis blau im Bereich 370 bis 430 nm)  
10 emittierende Strahlung mittels mehrerer Leuchtstoffe in Weiß konvertiert wird: entweder durch Mischung der sekundären Strahlung eines blau und gelb emittierenden Leuchtstoffs oder insbesondere durch RGB-Mischung aus drei Leuchtstoffen die rot, grün und blau emittieren. Für besonders hohe Anforderungen an die Farbwiedergabe können auch mehr als drei Leuchtstoffe kombiniert werden. Zu diesem  
15 Zweck kann auch einer der erfindungsgemäß eingesetzten Leuchtstoffe mit anderen, bereits für diese Verwendung bekannten Leuchtstoffen wie beispielsweise SrS:Eu (WO 00/33390) oder YAG:Ce (US 5 998 925) kombiniert werden.

Als primär kurzwellig emittierende LED eignet sich insbesondere eine Ga<sub>(In,Al)</sub>N-LED, aber auch jeder andere Weg zur Erzeugung einer kurzweligen LED mit einer  
20 primären Emission im Bereich 370 bis 430 nm.

Die Erfindung erweitert die spektrale Emissionscharakteristik von LEDs indem über den gegenwärtige Kenntnisstand hinaus weitere Leuchtstoffe und deren Mischungen Anwendung finden (siehe Tab. 1 bis 3). Dabei kann die Auswahl der angewendeten Leuchtstoffe und Mischungen hiervon so getroffen werden, das neben  
25 farbechten Weiß auch andere Mischfarben mit breitbandiger Emission erzeugt werden. Generell wird das emittierte Licht der LED von der Mischung, die Leuchtstoffe enthält, absorbiert. Diese Mischung ist entweder direkt auf der LED aufgebracht oder in einem Harz oder Silikon dispergiert oder aufgebracht auf einer transparenten Scheibe über einer LED oder aufgebracht auf einer transparenten Scheibe über  
30 mehreren LEDs.

Der erfinderische Schritt besteht darin, dass durch die Verwendung von LEDs mit Emissionswellenlängen zwischen 370 und 430 nm (unsichtbar oder kaum sichtbares

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

- 5 -

tiefblau) und die Verwendung von Leuchtstoffen, die unten aufgelistet sind, eine verbesserte spektrale Anpassung der LED-Emission ermöglicht wird und beliebige Farborte einstellbar werden, und zwar mit einer höheren Energieeffizienz als mit den konventionellen LEDs.

- 5    Anorganische Leuchtstoffe, die relativ langwellig anregbar sind, sind derzeit kaum bekannt. Überraschenderweise hat sich jedoch gezeigt, dass es eine Anzahl von anorganischen Leuchtstoffen gibt, die geeignet sind, um mit Strahlung einer Peak-Emissions-Wellenlänge von 370-430 nm noch effizient angeregt zu werden. Typische Halbwertsbreiten der Emission liegen bei 20 nm bis 50 nm. Die Absorption der
- 10   Leuchtstoffe kann durch die gewählten Strukturparameter und chemische Zusammensetzung gesteuert werden. Solche Leuchtstoffe haben alle eine relativ kleine Bandlücke (typisch etwa 3 eV) oder sie haben ein starkes Kristallfeld für das Ion, welches das von der LED emittierte UV/Blau-Licht um 400 nm absorbiert.

Abhängig von der gewählten Lumineszenzwellenlänge der LED (370-430 nm) und  
15   abhängig von der gewünschten Farbwiedergabe und /oder dem gewünschten Farbort können bestimmte Kombinationen von Leuchtstoffen in der Leuchtstoffmischung gewählt werden. Die am besten geeignete Leuchtstoffmischung ist somit vom gewählten Ziel (Farbwiedergabe, Farbort, Farbtemperatur) und der vorhandenen LED-Emissionswellenlänge abhängig.

- 20   Jeder Leuchtstoff, der die oben erwähnten Bedingungen erfüllt, ist im Prinzip geeignet für die Anwendung. Leuchtstoffe, die effizient emittieren und im Gebiet von 370-430 nm effizient anregbar oder zumindest teilweise anregbar sind, sind in den folgenden Tabellen aufgeführt. Tab. 1 beschreibt geeignete blaue Leuchtstoffe mit einer Wellenlänge der Peakemission von 440 bis 485 nm, Tab. 2 geeignete grüne
- 25   Leuchtstoffe mit einer Wellenlänge der Peakemission von 505 bis 550 nm und Tab. 3 geeignete rote Leuchtstoffe mit Wellenlänge der Peakemission von 560 bis 670 nm. Damit ist es erstmals möglich, LEDs mit hoher Effizienz herzustellen, die auf einer kurzwellig emittierenden Diode basieren, die mehrere Leuchtstoffe anregt.

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

- 6 -

Tabelle 1: Blau emittierende Leuchtstoffe:

$M_5(PO_4)_3(X):Eu^{2+}$  mit M = zumindest eines der Metalle Ba, Ca allein oder in Kombination mit Sr (bevorzugt ist Anteil Sr höchstens 85%), wobei X = zumindest eines der Halogene F oder Cl;

5  $M^*3MgSi2O_8:Eu^{2+}$  mit M = zumindest eines der Metalle Ba, Ca, Sr allein oder in Kombination

$Ba_3SiO_4Br_6:Eu^{2+}$

$Ba_{1,29}Al_{12}O_{19,29}:Eu^{2+}$

$YSiO_2N:Ce^{3+}$

10  $(Sr,Ba)_2Al_6O_{11}:Eu^{2+}$

$MF_2:Eu^{2+}$  mit M = zumindest eines der Metalle Ba, Sr, Ca; bevorzugt ist der Anteil des Ba an M > 5 %, beispielsweise Ba = 10 %, also M =  $Ba_{0,10}Sr_{0,45}Ca_{0,45}$ .

$Ba_{0,57}Eu_{0,09}O_{0,34}Al_{11,11}O_{17}:Eu^{2+}$

15  $M^{**}MgAl10O17:Eu^{2+}$  mit  $M^{**}$  = zumindest eines der Metalle Eu, Sr allein oder in Kombination mit Ba (bevorzugt ist Anteil Ba höchstens 75%);

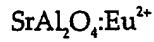
$MLn2S4:Ce^{3+}$  mit M = eine Kombination der Metalle Ca, Sr; und Ln = zumindest eines der Metalle La, Y, Gd.

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

-7-

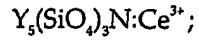
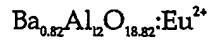
Tabelle 2: Grün (und Blaugrün) emittierende Leuchtstoffe



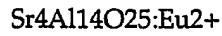
5 MBO<sub>3</sub>:( $\text{Ce}^{3+}, \text{Tb}^{3+}$ ) mit M = zumindest eines der Metalle Sc, Gd, Lu allein oder in Kombination mit Y (im sb. ist Y-Anteil < 40%); und als Aktivator fungieren die Metalle Ce und Tb gemeinsam; insbesondere liegt der Anteil des Ce am Metall M im Bereich  $5\% \leq \text{Ce} \leq 20\%$  und der Anteil des Tb am Metall im Bereich  $4\% \leq \text{Tb} \leq 20\%$ ; bevorzugt ist Anteil Ce > Anteil Tb;

M<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>: (Ce<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>) mit M = zumindest eines der Metalle Y, Gd, Lu; und als Aktivator fungieren die Metalle Ce und Tb gemeinsam (bevorzugt ist Anteil Ce > Anteil Tb);

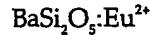
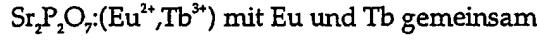
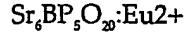
MN\*2S4:Ak mit M = zumindest eines der Metalle Zn, Mg, Ca, Sr, Ba; mit N = zumindest eines der Metalle Al, Ga, In; und Ak = entweder eine Kombination von Eu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2</sup> zusammen (bevorzugt ist Anteil Eu > Anteil Mn) oder eine Kombination von Ce<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup> zusammen (bevorzugt ist Anteil Ce > Anteil Tb);



20  $\text{Ca}_8\text{Mg}(\text{SiO}_4)_4\text{Cl}_2\text{:Ak}_{2+}$  mit  $\text{Ak} = \text{Eu}_{2+}$  allein oder mit  $\text{Mn}_2$  zusammen (bevorzugt ist Anteil  $\text{Eu} > 2 \times \text{Anteil Mn}$ );



(Ba,Sr)MgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Ak mit Ak = Eu<sup>2+</sup> entweder in Kombination mit Ce<sup>3+</sup> und Tb<sup>3+</sup>, oder in Kombination mit Mn<sup>2+</sup>; bevorzugt ist Anteil Eu am Aktivator Ak > 50 %;



WO 02/11214

PCT/DE01/02849

- 8 -

Tabelle 3: Rot (Orangerot bis Tiefrot) emittierende Leuchtstoffe

$\text{Ln}_2\text{O}_3\text{StAk3+}$  wobei Ln = zumindest eines der Metalle Gd, La, Lu allein oder

5 in Kombination mit Y (bevorzugt ist Anteil Y höchstens 40%; insbesondere ist Anteil La mindestens 10 %); und mit St = zumindest eines der Elemente S, Se, Te; und wobei Ak = Eu allein oder in Kombination mit Bi;

$\text{Ln}_2\text{WmO}_6\text{Ak3+}$  wobei Ln = zumindest eines der Metalle Y, Gd, La, Lu;

10 und mit Wm = zumindest eines der Elemente W, Mo, Te; und wobei Ak = Eu allein oder in Kombination mit Bi;

$(\text{Zn},\text{Cd})\text{S:Ag+}$  wobei Zn und Cd nur in Kombination verwendet werden; bevorzugt ist Anteil Zn < Anteil Cd;

$\text{Mg}_{28}\text{Ge}_{7,5}\text{O}_{38}\text{F}_{10}:\text{Mn}^{4+}$

$\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$

15  $\text{M}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+},\text{Mn}^{2+}$  mit M = zumindest eines der Metalle Ca, Ba, Sr.

$(\text{M1})_2(\text{M2})(\text{BO}_3)_2:\text{Eu}^{2+}$  mit M1 = zumindest eines der Metalle Ba, Sr; und mit M2 ist zumindest eines der Metalle Mg,Ca; bevorzugt ist der Anteil Ba am Kation M1 mindestens 80 %; bevorzugt ist der Anteil Mg am Metall M2 mindestens 70%.

20

Es wird angemerkt, dass der Aktivator im allgemeinen jeweils einen Anteil des führenden Kations (= Metall, insbesondere ein Lanthanid Ln) ersetzt, beispielsweise steht MS:Eu(5 %) für  $\text{M}_{1-0,05}\text{Eu}_{0,05}\text{S}$ .

Die Formulierung „M = zumindest eines der Metalle X, Y;“ bedeutet entweder das Metall X oder das Metall Y allein oder aber eine Kombination beider Metalle, also M =  $\text{X}_a\text{Y}_b$  mit  $a+b = 1$ .

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

- 9 -

Bei einer weißen LED wird ein Aufbau ähnlich wie im eingangs erwähnten Stand der Technik beschrieben verwendet. Als UV-Diode (primäre Strahlungsquelle) wird bevorzugt GaInN oder GaN oder GaInAlN verwendet. Beispielsweise hat sie eine Peakwellenlänge von 400 nm und eine Halbwertsbreite von 20 nm. Das Diodensubstrat wird mit einer Suspension aus drei Leuchtstoffen, je einer mit einem Emissionsmaximum im Roten, Grünen und Blauen Spektralbereich direkt oder indirekt beschichtet. Von diesen Leuchtstoffen ist zumindest einer ausgewählt aus den Tabellen 1 bis 3, und kombiniert entweder mit bekannten Leuchtstoffen oder mit Leuchtstoffen aus den anderen Tabellen. Die Leuchtstoffmischung wird bei etwa 200 °C eingebrannt. Damit wird eine Farbwiedergabe von typisch 80 erzielt.

Im folgenden soll die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Es zeigen:

Figur 1 ein Halbleiterbauelement, das als Lichtquelle (LED) für weißes Licht dient;

15 Figur 2 eine Beleuchtungseinheit mit Leuchtstoffen gemäß der vorliegenden Erfindung;

Figur 3 bis 17 das Emissionsspektrum von LEDs mit verschiedenen Leuchtstoffmischungen gemäß der vorliegenden Erfindung.

### Beschreibung der Zeichnungen

20 Für den Einsatz in einer weißen LED zusammen mit einem GaInN-Chip wird beispielsweise ein Aufbau ähnlich wie in US 5 998 925 beschrieben verwendet. Der Aufbau einer derartigen Lichtquelle für weißes Licht ist in Figur 1 explizit gezeigt. Die Lichtquelle ist ein Halbleiterbauelement (Chip 1) des Typs InGaN mit einer Peak-Emissionswellenlänge von 420 nm und einer Halbwertsbreite von 25 nm mit 25 einem ersten und zweiten elektrischen Anschluss 2,3, das in ein lichtundurchlässiges Grundgehäuse 8 im Bereich einer Ausnehmung 9 eingebettet ist. Einer der Anschlüsse 3 ist über einen Bonddraht 14 mit dem Chip 1 verbunden. Die Ausnehmung hat eine Wand 17, die als Reflektor für die blaue Primärstrahlung des Chips 1 dient. Die Ausnehmung 9 ist mit einer Vergussmasse 5 gefüllt, die als Hauptbestandteile ein Epoxidgießharz (80 bis 90 Gew.-%) und Leuchtstoffpigmente 6 (weni-

- 10 -

ger als 15 Gew.-%) enthält. Weitere geringe Anteile entfallen u.a. auf Methylether und Aerosil. Die Leuchtstoffpigmente sind eine Mischung. Der erste Konversions-Leuchtstoff ist aus Tab. 1 ausgewählt. Der zweite Leuchtstoff ist aus Tab. 2 und der dritte aus Tab. 3 ausgewählt.

5 In Figur 2 ist ein Ausschnitt aus einer Flächenleuchte 20 als Beleuchtungseinheit gezeigt. Sie besteht aus einem gemeinsamen Träger 21, auf den ein quaderförmiges äußerer Gehäuse 22 aufgeklebt ist. Seine Oberseite ist mit einer gemeinsamen Abdeckung 23 versehen. Das quaderförmige Gehäuse besitzt Aussparungen, in denen einzelne Halbleiter-Bauelemente 24 untergebracht sind. Sie sind UV-10 emittierende Leuchtdioden mit einer Peakemission von 380 nm. Die Umwandlung in weißes Licht erfolgt mittels Konversionsschichten, die direkt im Gießharz der einzelnen LED sitzen ähnlich wie in Figur 1 beschrieben oder Schichten 25, die auf allen der UV-Strahlung zugänglichen Flächen angebracht sind. Dazu zählen die innen liegenden Oberflächen der Seitenwände des Gehäuses, der Abdeckung und des 15 Bodenteils. Die Konversionsschichten 25 bestehen aus drei Leuchtstoffen, die im gelben, grünen und blauen Spektralbereich emittieren unter Benutzung zumindest einen der erfindungsgemäßen Leuchtstoffe aus Tab. 1 bis 3.

Einige konkrete Ausführungsbeispiele von in Kombination untersuchten Leuchtstoffen sind in Tab. 4 zusammengefasst. Es handelt sich um eine Zusammenfassung 20 geeigneter erfindungsgemäßer und an sich bekannter Leuchtstoffe in allen drei Spektralbereichen. In Sp. 1 ist die Versuchsnummer angegeben, in Sp. 2 die chemische Formel des Leuchtstoffs, in Sp. 3 das Emissionsmaximum des Leuchtstoffs, in Sp. 4 und 5 die x- und y- Farbortkoordinaten. In Sp. 6 und 7 sind die Reflektivität und die Quanteneffizienz (jeweils in Prozent) angegeben.

25 Besonders bevorzugt ist auch die Anwendung der ZnS-Leuchtstoffe für LEDs. Sie zeigen ein gutes Verarbeitungsverhalten in der LED-Umgebung. Es handelt sich dabei vor allem um den blau emittierenden Leuchtstoff ZnS:Ag, den grün emittierenden Leuchtstoff ZnS:Cu,Al und den rot emittierenden Leuchtstoff ZnS:Cu,Mn aus Tab. 4. Besonders hervorzuheben ist, dass sich mit diesen drei Leuchtstoffen eine weiß emittierende Leuchtstoff-Mischung 30 realisieren lässt, unter Anregung durch eine LED mit Primärstrahlung im Bereich 370 bis 410 nm, siehe Ausführungsbeispiel 6 in Fig. 6. Da diese drei Leuchtstoffe chemisch nahezu identische Materialien sind, lassen sie sich sehr gut als Leuchtstoffmischung in einem Gießharz oder anderem Harz oder bei einer Beschlämmung verarbeiten.

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

- 11 -

Tab. 4

Nr. Formel	Em	x	y	R (%)	Q.E (%)
1 Ba <sub>3</sub> MgSi <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : Eu (5%)	440	0,16	0,07	42	50
2 (Ba <sub>0,15</sub> Sr <sub>0,85</sub> ) <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> Cl:Eu <sup>2+</sup>	448	0,15	0,05	46	76
3 ZnS :Ag	452	0,14	0,07	76	63
4 (Ba,Sr)MgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> :Eu <sup>2+</sup>	454	0,15	0,08	49	83
5 SrMgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> :Eu <sup>2+</sup>	467	0,15	0,19	63	92
6 EuMgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub>	481	0,17	0,31	35	63
7 ZnS :Cu	506	0,19	0,43	22	48
8 Ba <sub>0,74</sub> Eu <sub>0,08</sub> Al <sub>12</sub> O <sub>18,82</sub>	507	0,22	0,43	52	87
9 Ca <sub>8</sub> Mg(SiO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> :Eu <sup>2+</sup>	508	0,17	0,6	34	67
10 ZnS :Cu	510	0,2	0,46	16	55
11 BaMgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> :Eu <sup>2+</sup> ,Mn <sup>2+</sup>	513	0,14	0,21	64	95
12 Ba <sub>0,72</sub> Eu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub> Al <sub>12</sub> O <sub>18,82</sub>	514	0,21	0,48	71	97
13 BaMgAl <sub>10</sub> O <sub>17</sub> :Eu <sup>2+</sup> ,Mn <sup>2+</sup>	515	0,14	0,65	39	88
14 (Sr,Ba)SiO <sub>4</sub> :Eu <sup>2+</sup>	517	0,23	0,61	54	
15 SrAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> :Eu <sup>2+</sup>	523	0,29	0,58	28	77
16 ZnS :Cu,Al	534	0,31	0,61	29	83
17 YBO <sub>3</sub> :(Ce <sup>3+</sup> ,Tb <sup>3+</sup> ) (9.5%/5%)	545	0,34	0,59	80	69
18 Ca <sub>8</sub> Mg(SiO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> :Eu <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup>	550	0,38	0,57	30	61
19 Sr <sub>1,95</sub> Ba <sub>0,03</sub> Eu <sub>0,02</sub> SiO <sub>4</sub>	563	0,44	0,53	21	
20 Sr <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> :Eu <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup>	570	0,32	0,27	63	46
21 ZnS :Cu,Mn	585	0,49	0,45	19	44
22 Gd <sub>2</sub> MoO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> (20%)	610	0,66	0,34	50	
23 Y <sub>2</sub> W <sub>0,98</sub> Mo <sub>0,02</sub> O <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup>	612	0,61	0,38	68	73
24 Y <sub>2</sub> WO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> , Bi <sup>3+</sup> (7.5%, 0.5%)	612	0,64	0,36	52	
25 Lu <sub>2</sub> WO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> , Bi <sup>3+</sup> (7.5%, 1%)	612	0,64	0,36	65	
26 SrS:Eu <sup>2+</sup> (2%)	616	0,63	0,37	52	91
27 La <sub>2</sub> TeO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ( %)	617	0,66	0,34	76	
28 (La,Y) <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Eu <sup>3+</sup> (..)	626	0,67	0,33	84	73
29 Sr <sub>2</sub> Si <sub>5</sub> N <sub>8</sub> :Eu <sup>2+</sup> (10%)	636	0,64	0,36	12	70
30 (Ba,Ca,Sr)MgSi <sub>2</sub> O <sub>8</sub> : Eu,Mn	657	0,39	0,16	47	52

Der Leuchtmittel Nr. 14 (Sr,Ba)SiO<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup> ist im Grünen so breitbandig, dass hier auf eine separate Rotkomponente verzichtet werden.

- 12 -

In Tab. 6 sind schließlich 15 Ausführungsbeispiele konkreter Kombinationen von Leuchtstoffen aus Tab. 4 in Verbindung mit einer primären Lichtquelle (UV-LED) mit einem Emissionspeak im Bereich 370 bis 420 nm gezeigt. Die einzelnen UV-Dioden sind in Tab. 5 zusammengefasst, in der der Emissionspeak und der Farbort (soweit 5 definiert, also ab 380 nm) der einzelnen Dioden angegeben ist.

In Sp. 1 bis 4 der Tab. 6 sind die Angaben aus Tab. 4 nochmals eingefügt zum besseren Abgleich. In Sp. 5 bis 10 ist die Brauchbarkeit der einzelnen Leuchtstoffe für Anregung bei verschiedenen Wellenlängen festgehalten und zwar systematisch für die kurzweligen Dioden mit Emissionspeak bei 370 bis 420 nm in Schritten von 10 10 nm. Die anschließenden 15 Spalten zeigen konkrete Beispiele (als Ex 1 bis Ex 15 bezeichnet) einer RGB-Mischung, also die Kombination der kurzweligen LED (die zweite Zeile gibt die gewählte Peakemission an) mit drei Leuchtstoffen aus dem roten, grünen und blauen Spektralbereich. Die in der jeweiligen Spalte angegebene Zahl bezeichnet den relativen Anteil an der spektralen Emission.

15 Bei einer stark kurzweligen UV-Diode, unter 380 nm, liefert die UV-Diode keinerlei Anteil an der sekundären Emission, auch wegen der starken Absorption durch die drei Leuchtstoffe.  
Ab einer primären Emission von 380 nm liefert die Diode jedoch einen kleinen, mit steigender Wellenlänge steigenden Anteil im Blauen zusätzlich zum blauen Leuchtstoff. Dieser Anteil erscheint in der Tab. 5 als zusätzlicher vierter Beitrag.

Schließlich sind in den letzten beiden Zeilen der Tab. 6 die gemessenen Farbortskoordinaten des Gesamtsystems eingetragen, die einen weiten Bereich von Weißtönen in der Farbtafel abdecken. Die spektrale Verteilung dieser System ist in den Figuren 3 (entsprechend Ex 1) bis 17 (entsprechend Ex 15) dargestellt.

25 Als besonders geeignete Leuchtstoffe für die Anwendung in Dreifarbenmischungen unter Primärbestrahlung bei 370 bis 420 nm haben sich dabei die blau emittierenden Leuchtstoffe Nr. 2, 4 und 6, die grün emittierenden Leuchtstoffe 8, 9, 10, 13, 15, 16, 17 und 18 sowie die rot emittierenden Leuchtstoffe 26, 28 und 29 erwiesen.

Das Ausführungsbeispiel Nr. 15 verwendet eine blau emittierende Diode mit 420 nm  
30 Peakemission mit so hoher Intensität, dass sie den blauen Leuchtstoff voll ersetzen kann und nur zwei zusätzliche Leuchtstoffe im Grünen und Roten benötigt.

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

13

Tab. 5

5

Nr.	Em	x	y
UV1	370		
UV2	380	0,2	0,14
UV3	390	0,19	0,09
UV4	400	0,18	0,05
UV5	410	0,18	0,03
UV6	420	0,17	0,02

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

14

Tab. 6

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

- 15 -

### Ansprüche

1. Beleuchtungseinheit mit mindestens einer LED als Lichtquelle, wobei die LED primär Strahlung im Bereich von 370 bis 430 nm des optischen Spektralbereichs emittiert (Peakwellenlänge), wobei diese Strahlung teilweise oder vollständig in längerwellige Strahlung konvertiert wird durch drei Leuchtstoffe, die der primären Strahlung der LED ausgesetzt sind, und die im blauen, grünen und roten Spektralbereich emittieren, so dass weißes Licht entsteht, dadurch gekennzeichnet, dass die Konversion zumindest unter Zuhilfenahme eines Leuchtstoffs, der blau mit einem Maximum der Wellenlänge bei 440 bis 485 nm emittiert, und unter Zuhilfenahme eines Leuchtstoffs, der grün mit einem Maximum der Wellenlänge bei 505 bis 550 nm emittiert und unter Zuhilfenahme eines Leuchtstoffs, der rot mit einem Maximum der Wellenlänge bei 560 bis 670 nm emittiert, erreicht wird, wobei zumindest einer dieser drei Leuchtstoffe aus einer der Tabellen 1, 2 oder 3 stammt.  
5
2. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die LED weiße Strahlung emittiert unter Verwendung von drei Leuchtstoffen, je einer aus den drei Tabellen.  
10
3. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als primäre Strahlungsquelle eine LED auf Basis von Ga(In,Al)N verwendet wird.  
15
4. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass weißes Licht erzeugt wird unter Verwendung eines blauen Leuchtstoffs:  
20  $M_3(PO_4)_3(X):Eu^{2+}$  mit M = zumindest eines der Metalle Ba, Ca allein oder in Kombination mit Sr, wobei X = zumindest eines der Halogene F oder Cl; oder eines blauen Leuchtstoffs:  
 $M^*,MgSi_2O_8:Eu^{2+}$  mit M = zumindest eines der Metalle Ba, Ca, Sr allein oder in Kombination;  
25 oder eines blauen Leuchtstoffs :  $ZnS:Ag$  oder  
 $M^{**}MgAl_{10}O_{17}:Eu^{2+}$  mit M<sup>\*\*</sup> = zumindest eines der Metalle Eu, Sr allein oder in Kombination mit Ba.
5. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass weißes Licht erzeugt wird unter Verwendung eines grünen Leuchtstoffs:

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

- 16 -

$\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$   
 oder eines grünen Leuchtstoffs  
 $\text{Ba}_{0.82}\text{Al}_{12}\text{O}_{18.82}:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$   
 oder eines grünen Leuchtstoffs  
 5  $\text{Ca}_x\text{Mg}(\text{SiO}_4)_x\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$   
 oder eines grünen Leuchtstoffs  
 $\text{Sr}_4\text{Al}_14\text{O}_25:\text{Eu}$   
 oder eines grünen Leuchtstoffs      ZnS:Cu,Al      oder  
 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:(\text{Eu}^{2+} \text{ kombiniert mit Ce}^{3+}, \text{Tb}^{3+}, \text{oder mit Mn}^{2+}).$

10 6. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass weißes Licht erzeugt wird unter Verwendung eines roten Leuchtstoffs  
 $\text{Ln}_2\text{O}_3\text{SSt:Ak}^{3+}$  wobei Ln = zumindest eines der Metalle Gd, La, Lu allein oder in Kombination mit Y; und mit St = zumindest eines der Elemente Se, Te; und wobei Ak = Eu allein oder in Kombination mit Bi;  
 15      oder eines roten Leuchtstoffs      ZnS:Cu,Mn      oder  
 $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Ak}^{2+}$  mit Ak = zumindest eines der Metalle Eu, Mn .

7. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung von weißem Licht die primär emittierte Strahlung im Wellenlängenbereich 370 bis 420 nm liegt, unter Verwendung eines blauen Leuchtstoffs  
 20  $\text{M}_5(\text{PO}_4)_3(\text{X}):\text{Eu}^{2+}$  mit M = zumindest eines der Metalle Ba, Ca allein oder in Kombination mit Sr, wobei X = zumindest eines der Halogene F oder Cl; oder eines Leuchtstoffs  
 $\text{M}^{**}\text{MgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$  mit  $\text{M}^{**}$  = zumindest eines der Metalle Eu, Sr allein oder in Kombination mit Ba.

25 8. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung von weißem Licht die primär emittierte Strahlung im Wellenlängenbereich unterhalb 380 nm liegt, unter Verwendung eines blauen Leuchtstoffs  
 $\text{M}^*\text{MgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu}^{2+}$  mit M = zumindest eines der Metalle Ba, Ca, Sr allein oder in

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

- 17 -

## Kombination.

9. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung von weißem Licht die primär emittierte Strahlung im Wellenlängenbereich 370 bis 420 nm liegt, unter Verwendung eines grünen Leuchtstoffs  
 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$   
oder eines grünen Leuchtstoffs  
 $\text{Ca}_8\text{Mg}(\text{SiO}_4)_4\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$   
oder eines grünen Leuchtstoffs  
10       $\text{Sr}_4\text{Al}_14\text{O}_{25}:\text{Eu}$   
oder eines grünen Leuchtstoffs  
 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:(\text{Eu}^{2+} \text{ kombiniert mit Ce}^{3+}, \text{Tb}^{3+}, \text{ oder mit Mn}^{2+})$ .
10. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung von weißem Licht die primär emittierte Strahlung im Wellenlängenbereich unterhalb 390 nm liegt, unter Verwendung eines grünen Leuchtstoffs  
15       $\text{Ba}_{0.82}\text{Al}_{12}\text{O}_{18.82}:(\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+})$ .
11. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung von weißem Licht die primär emittierte Strahlung im Wellenlängenbereich unterhalb von 380 nm liegt, unter Verwendung eines roten Leuchtstoffs  
20       $\text{Ln}_2\text{O}_3\text{St:Ak}^{3+}$         wobei Ln = zumindest eines der Metalle Gd, La, Lu allein oder in Kombination mit Y; und mit St = zumindest eines der Elemente S, Se, Te; und wobei Ak = Eu allein oder in Kombination mit Bi;  
25      oder eines roten Leuchtstoffs  
 $\underline{\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Ak}^{2+}}$         mit Ak = zumindest eines der Metalle Eu, Mn.
12. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung von weißem Licht die primär emittierte Strahlung im Wellenlängenbereich

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

- 18 -

genbereich 370 bis 400 nm liegt, unter Verwendung eines roten Leuchtstoffs  $\text{MMgSi}_2\text{O}_8:\text{Eu,Mn}$  wobei M = zumindest eines der Metalle Ba, Ca, Sr.

13. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinheit eine Lumineszenzkonversions-LED ist, bei der die Leuchtstoffe direkt oder mittelbar in Kontakt mit dem Chip stehen.  
5
14. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinheit ein Feld (Array) von LEDs ist.
15. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Leuchtstoffe auf einer vor dem LED-Feld angebrachten optischen Vorrich-  
10 tung angebracht ist.
16. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung von weißem Licht die primär emittierte Strahlung im Wellenlängenbereich 370 bis 410 nm liegt, unter Verwendung eines blauen Leuchtstoffs  $\text{ZnS:Ag}$ .
- 15 17. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung von weißem Licht die primär emittierte Strahlung im Wellenlängenbereich 370 bis 410 nm liegt, unter Verwendung eines grünen Leuchtstoffs  $\text{ZnS:Cu,Al}$  wobei Cu und Al gemeinsam verwendet werden.
18. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung von weißem Licht die primär emittierte Strahlung im Wellenlängenbereich 370 bis 410 nm liegt, unter Verwendung eines roten Leuchtstoffs  $\text{ZnS:Cu,Mn}$ , wobei Cu und Mn gemeinsam verwendet werden..  
20
19. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung von weißem Licht die primär emittierte Strahlung im Wellenlängenbereich 370 bis 410 nm liegt, unter gemeinsamer Verwendung eines blau-  
25 en, grünen und roten Leuchtstoffs gemäß den Ansprüchen 16, 17, und 18.

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

1/16

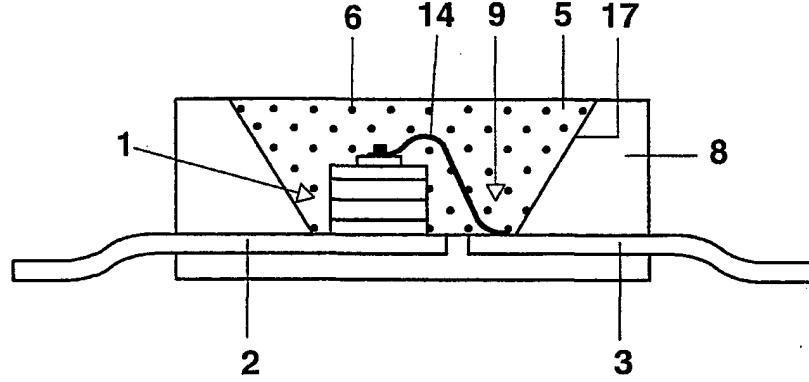


FIG. 1

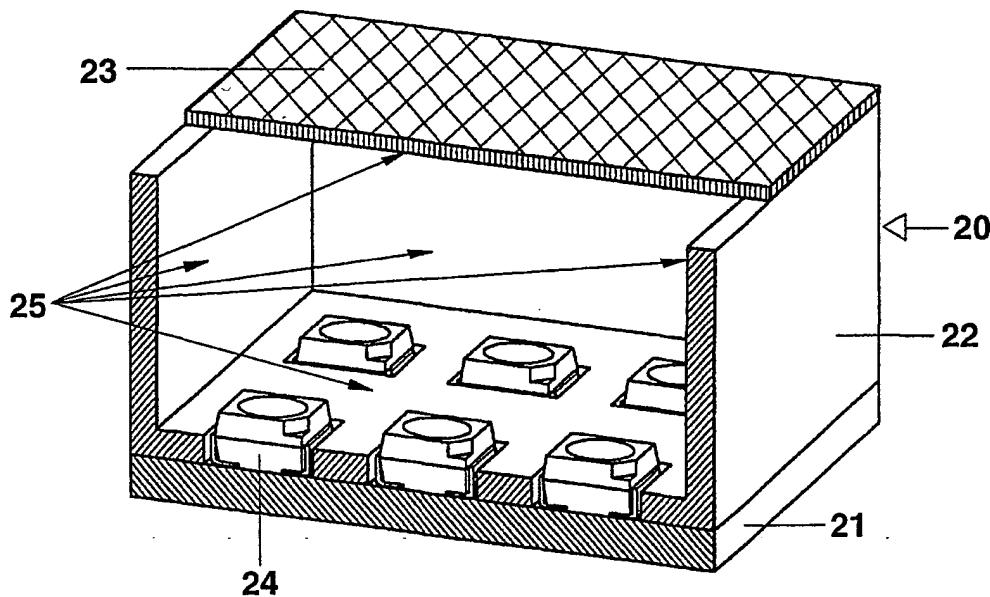


FIG. 2

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

2/16

## Ausführungsbeispiel 1

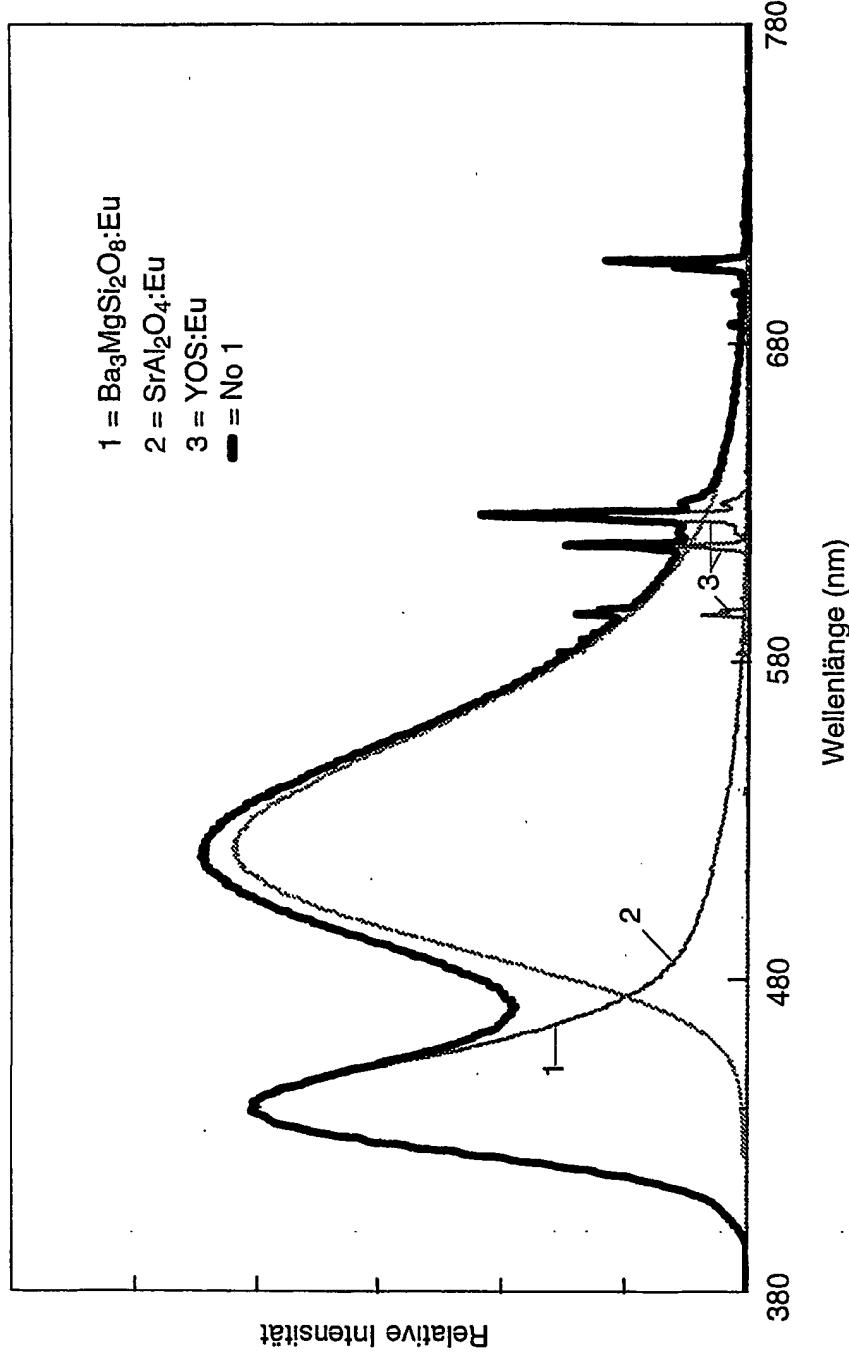


FIG. 3

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

3/16

## Ausführungsbeispiel 2

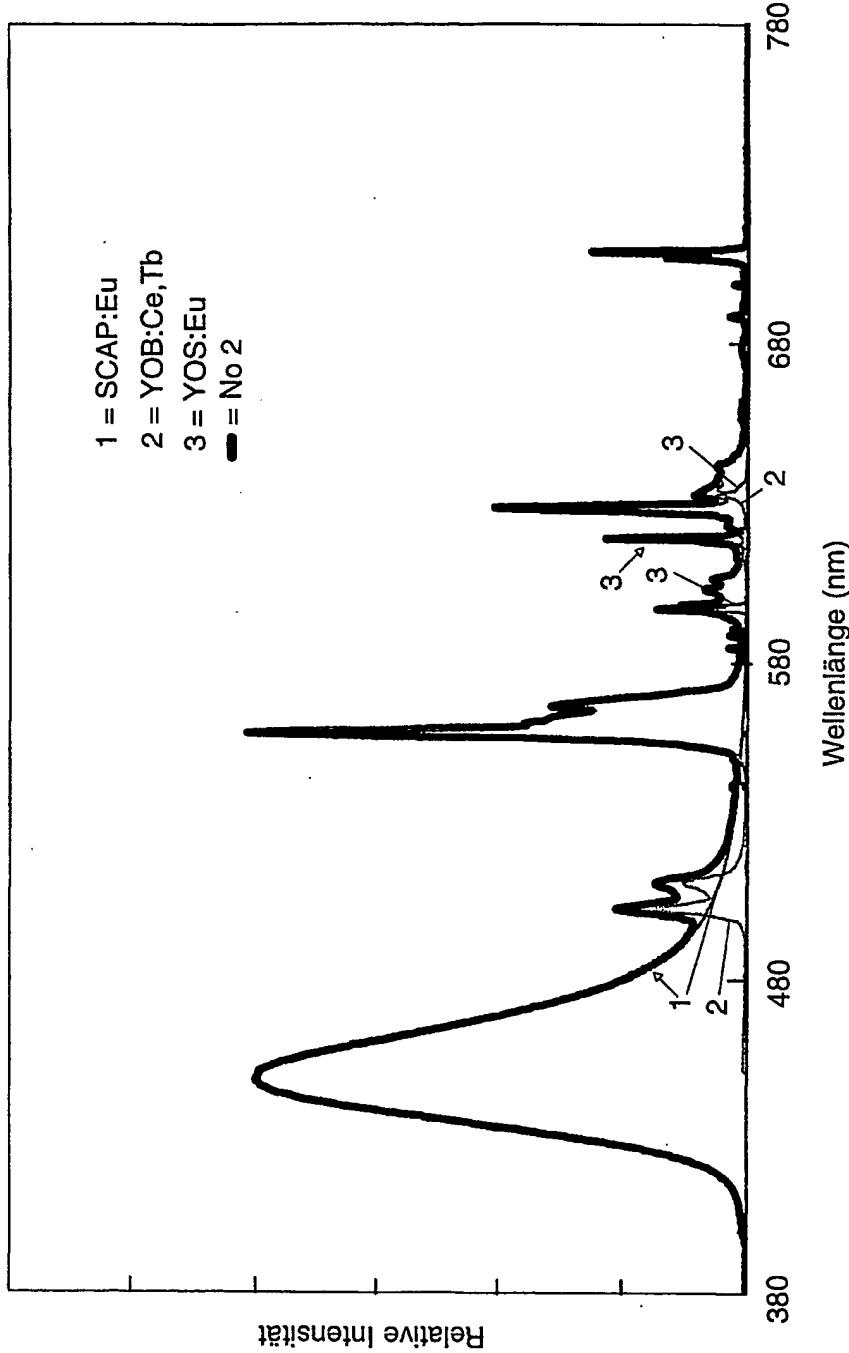


FIG. 4

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

4/16

## Ausführungsbeispiel 3

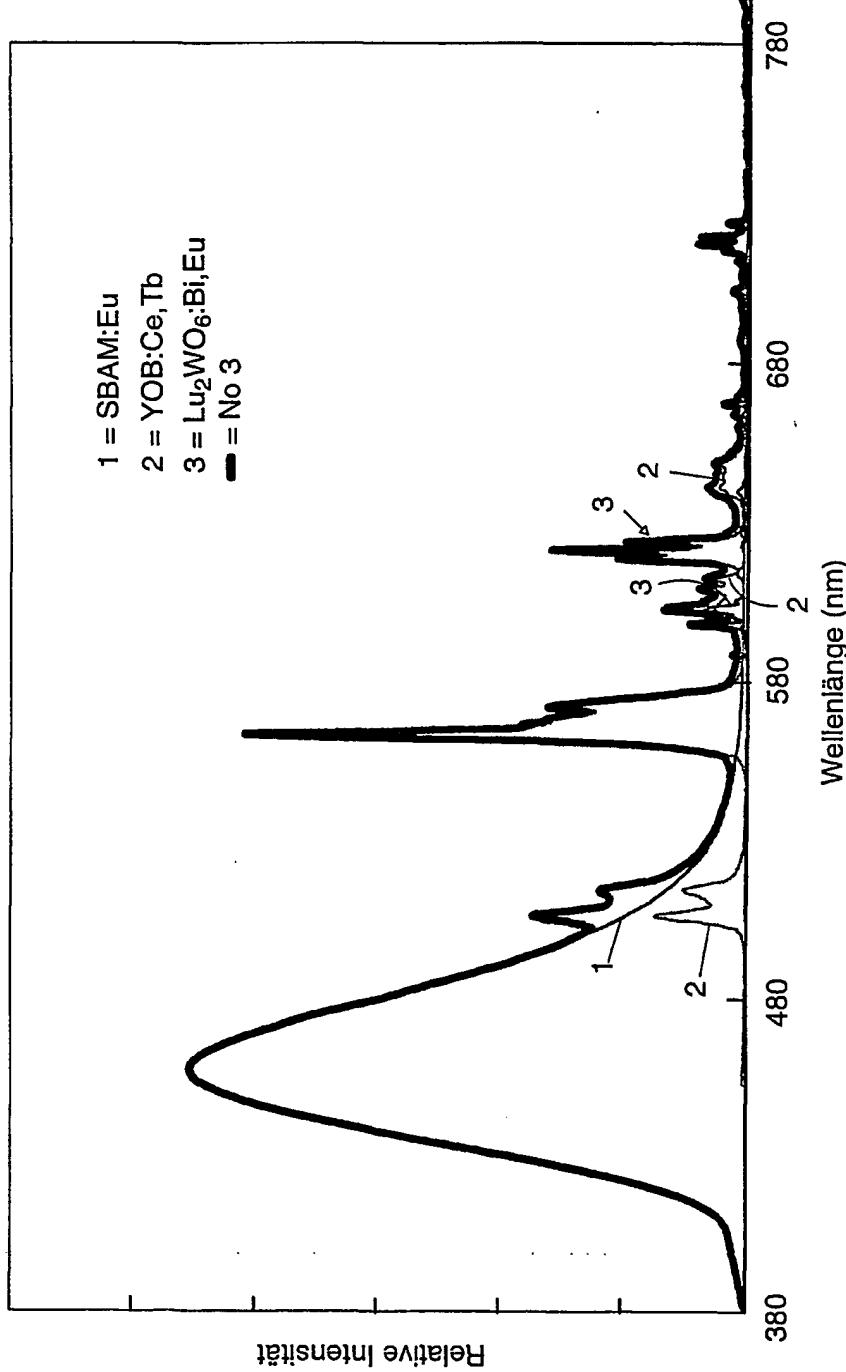


FIG. 5

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

5/16

## Ausführungsbeispiel 4

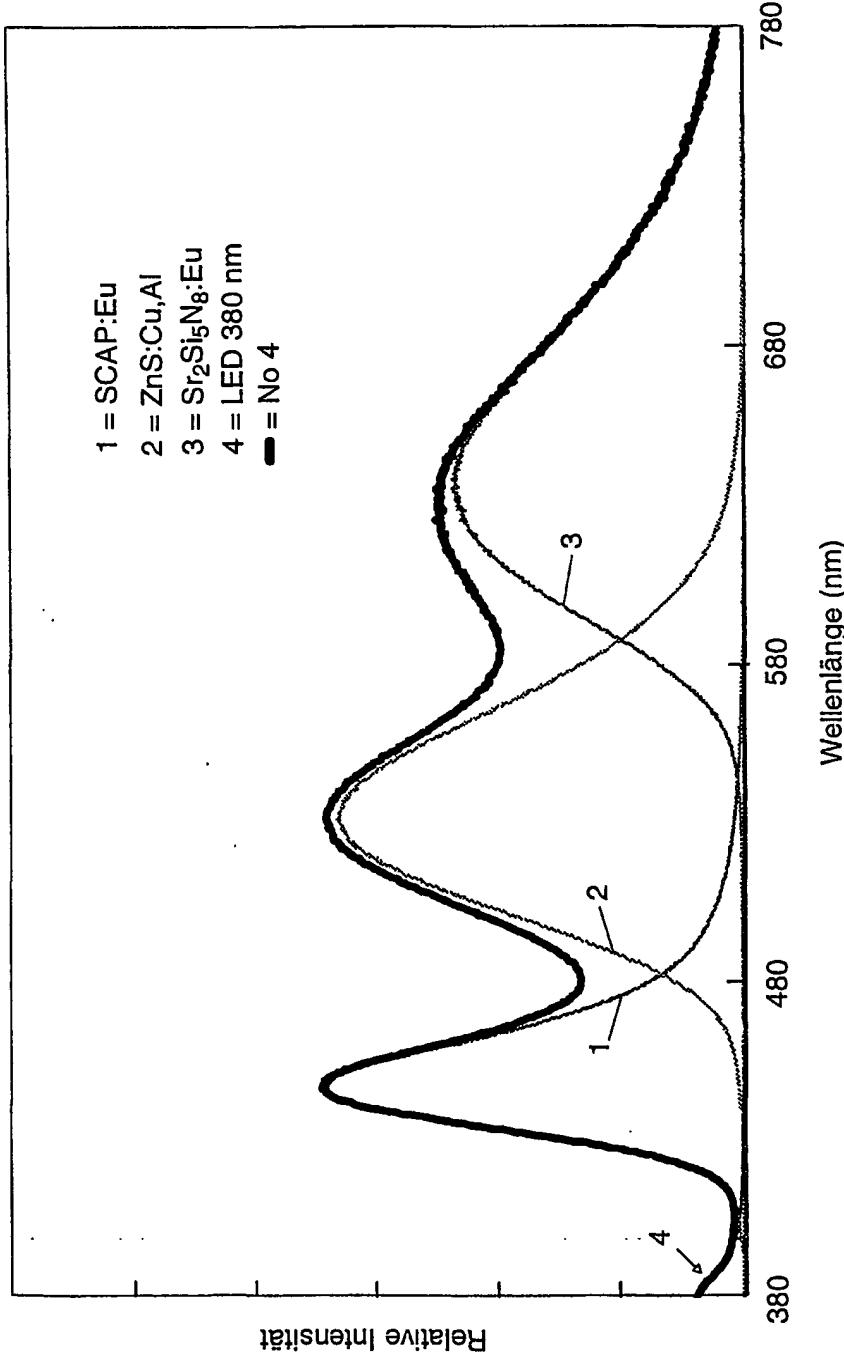


FIG. 6

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

6/16

## Ausführungsbeispiel 5

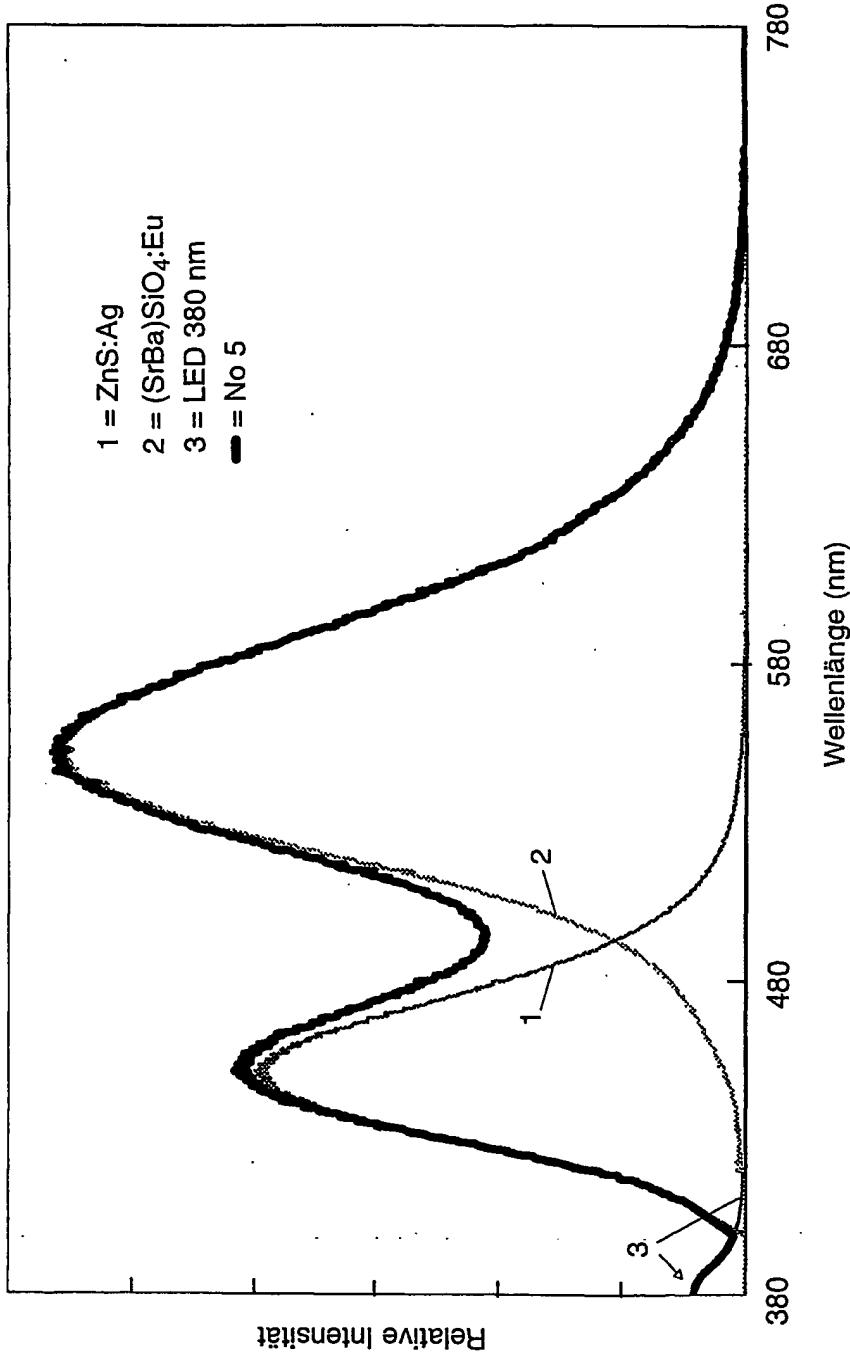


FIG. 7

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

7/16

Ausführungsbeispiel 6

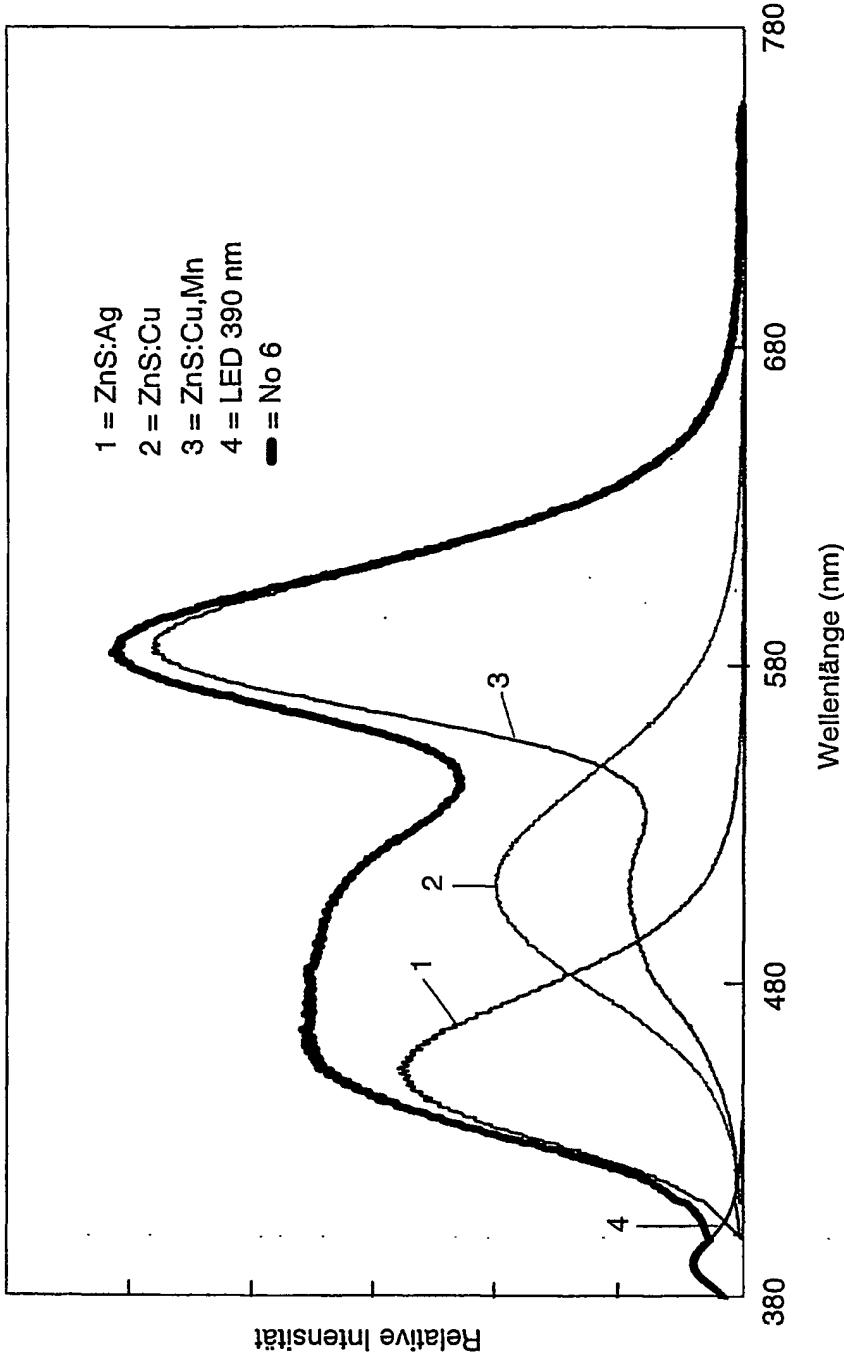


FIG. 8

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

8/16

## Ausführungsbeispiel 7

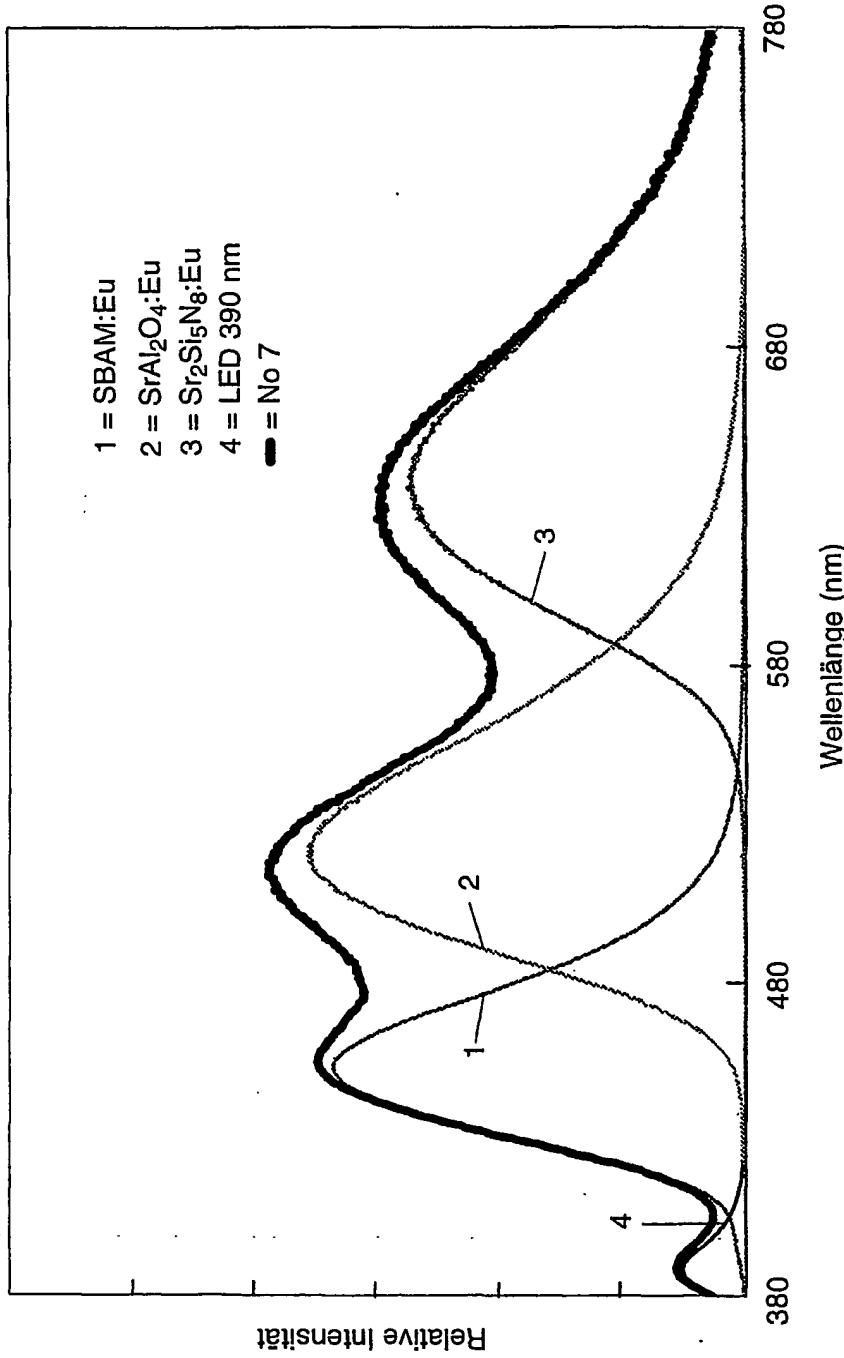


FIG. 9

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

9/16

## Ausführungsbeispiel 8

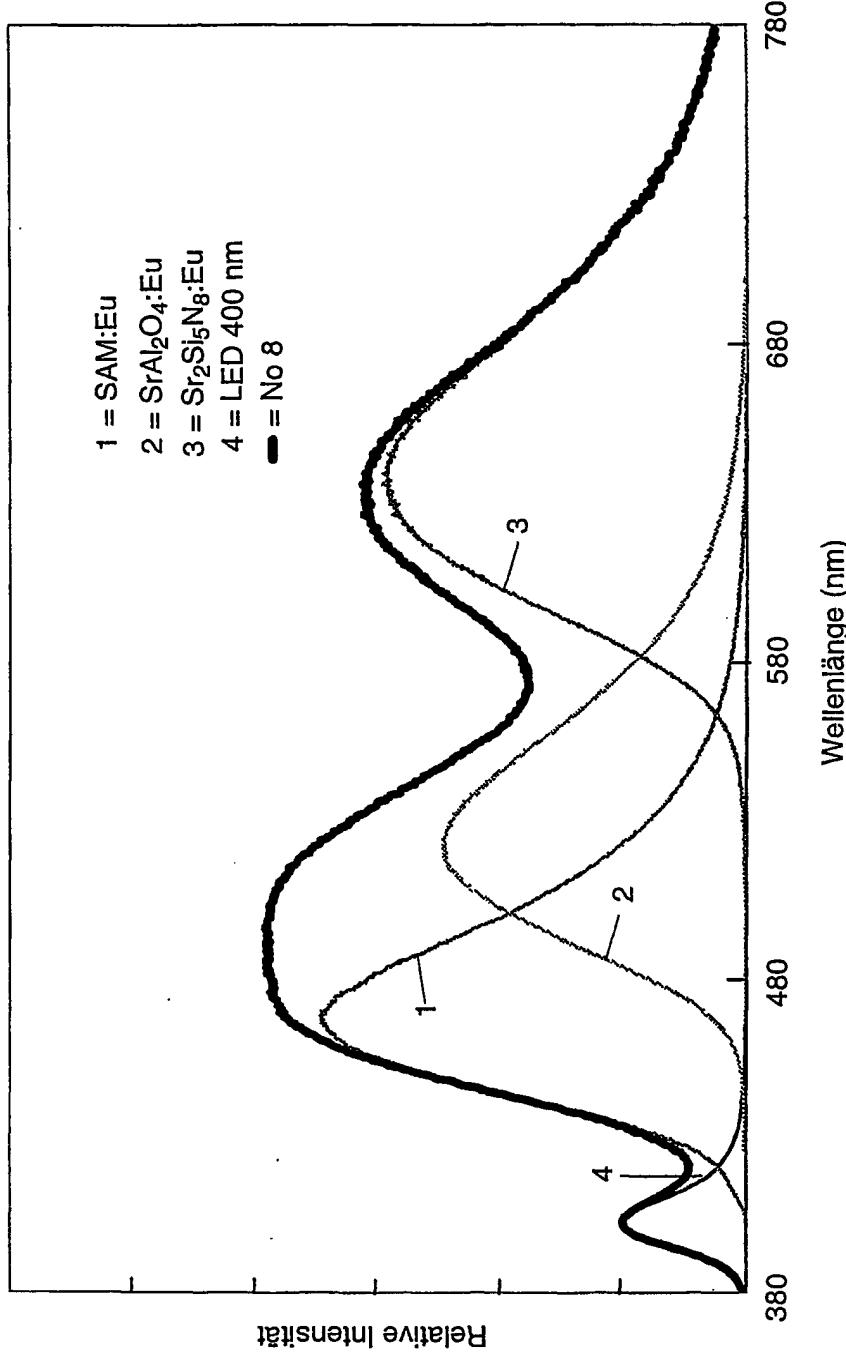


FIG. 10

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

10/16

## Ausführungsbeispiel 9

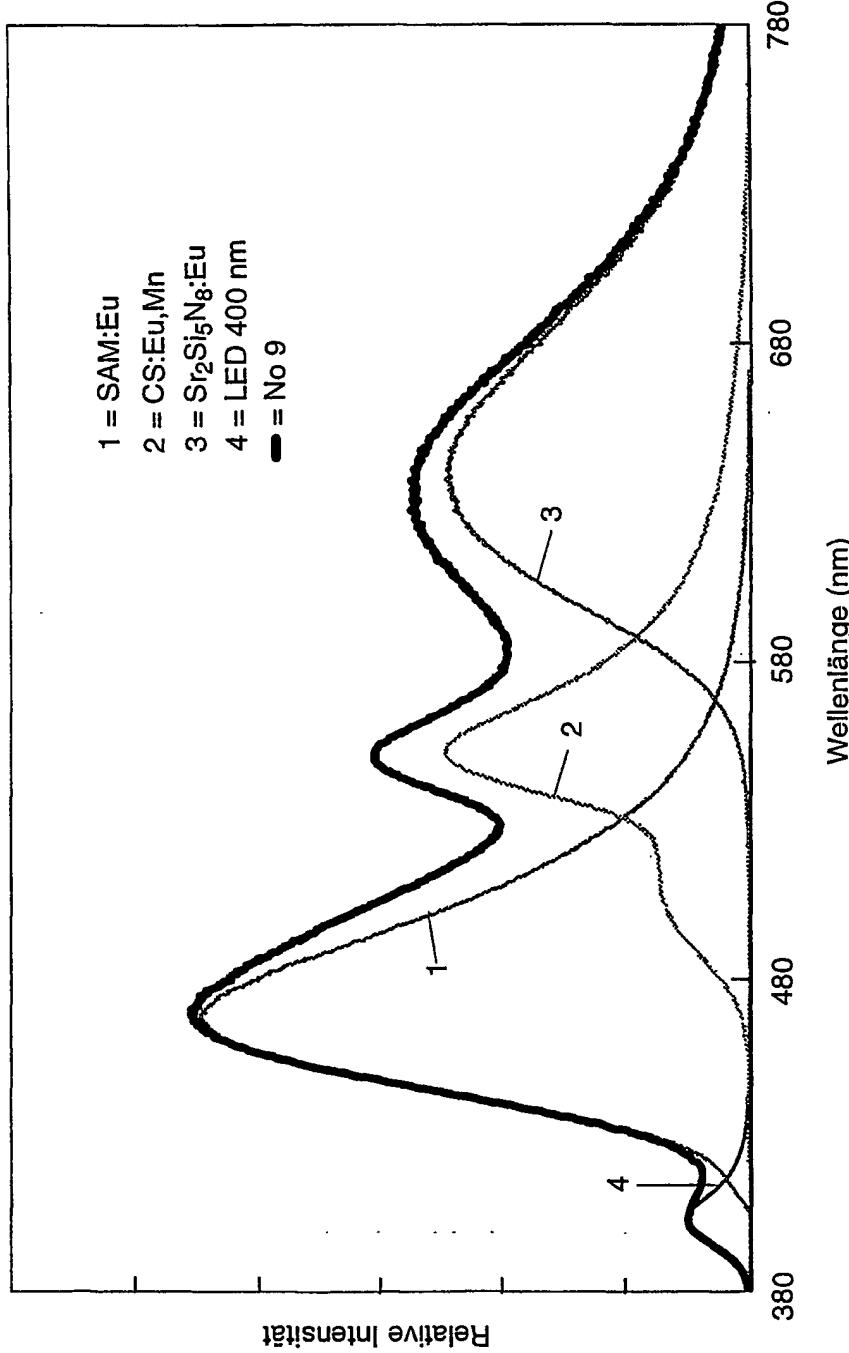


FIG. 11

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

11/16

## Ausführungsbeispiel 10

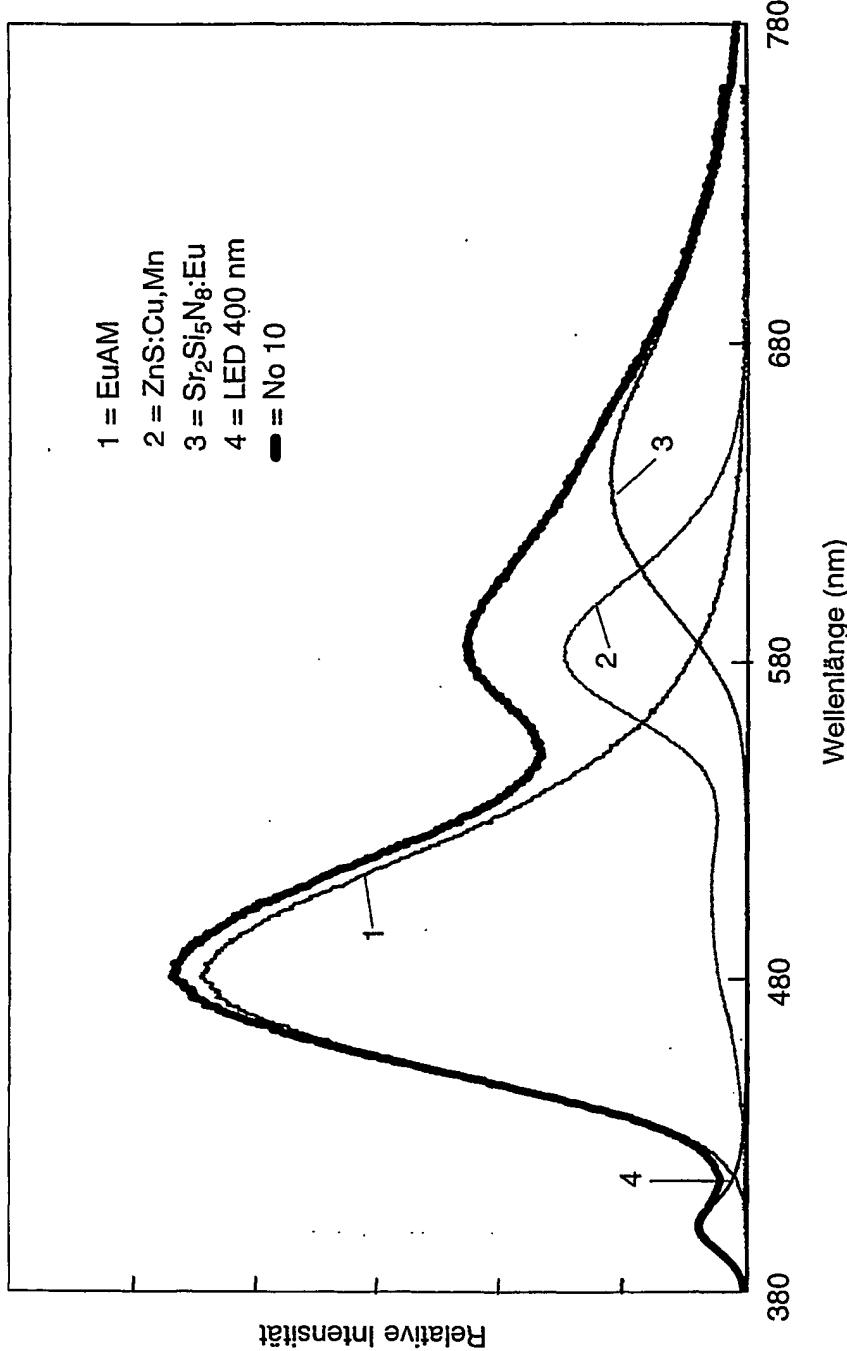


FIG. 12

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

12/16

## Ausführungsbeispiel 11

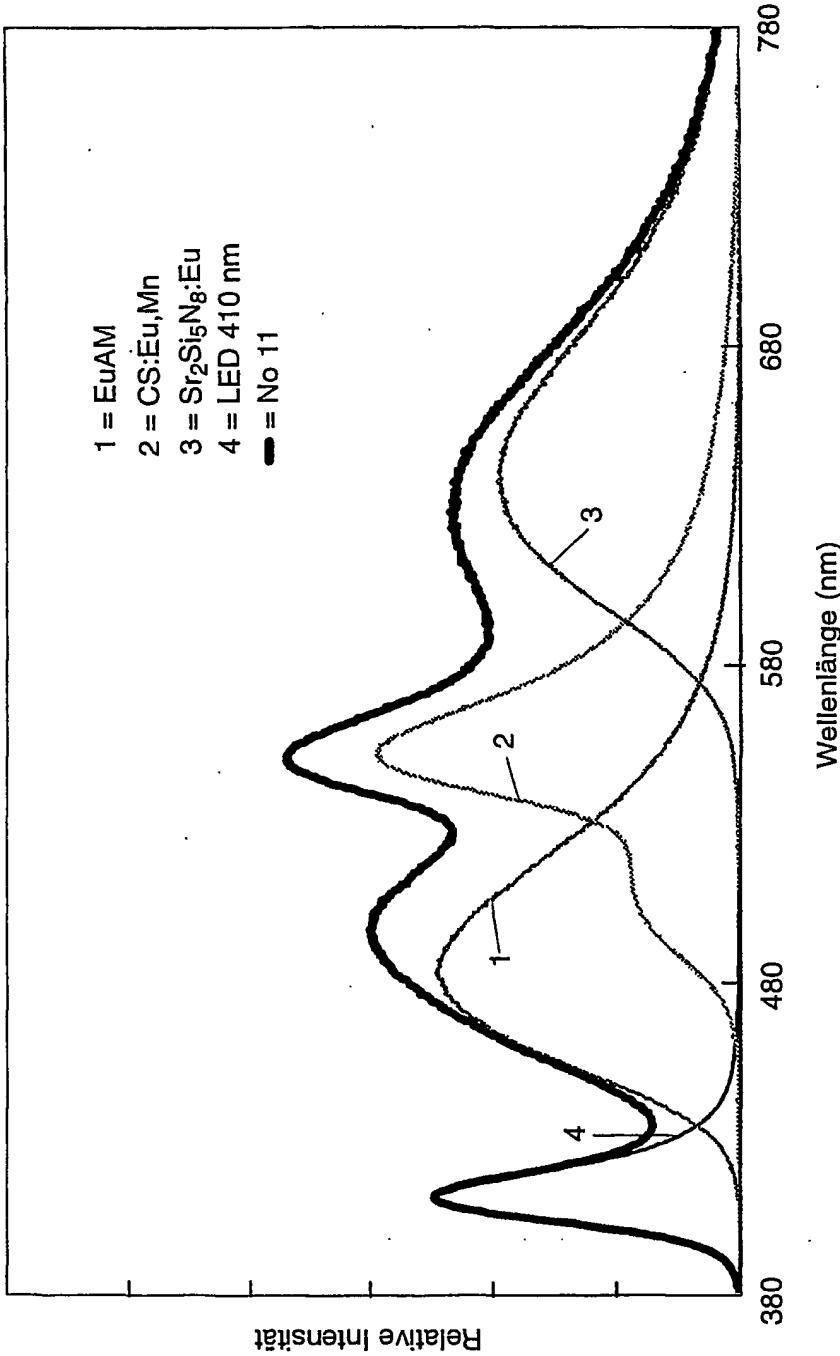


FIG. 13

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

13/16

## Ausführungsbeispiel 12

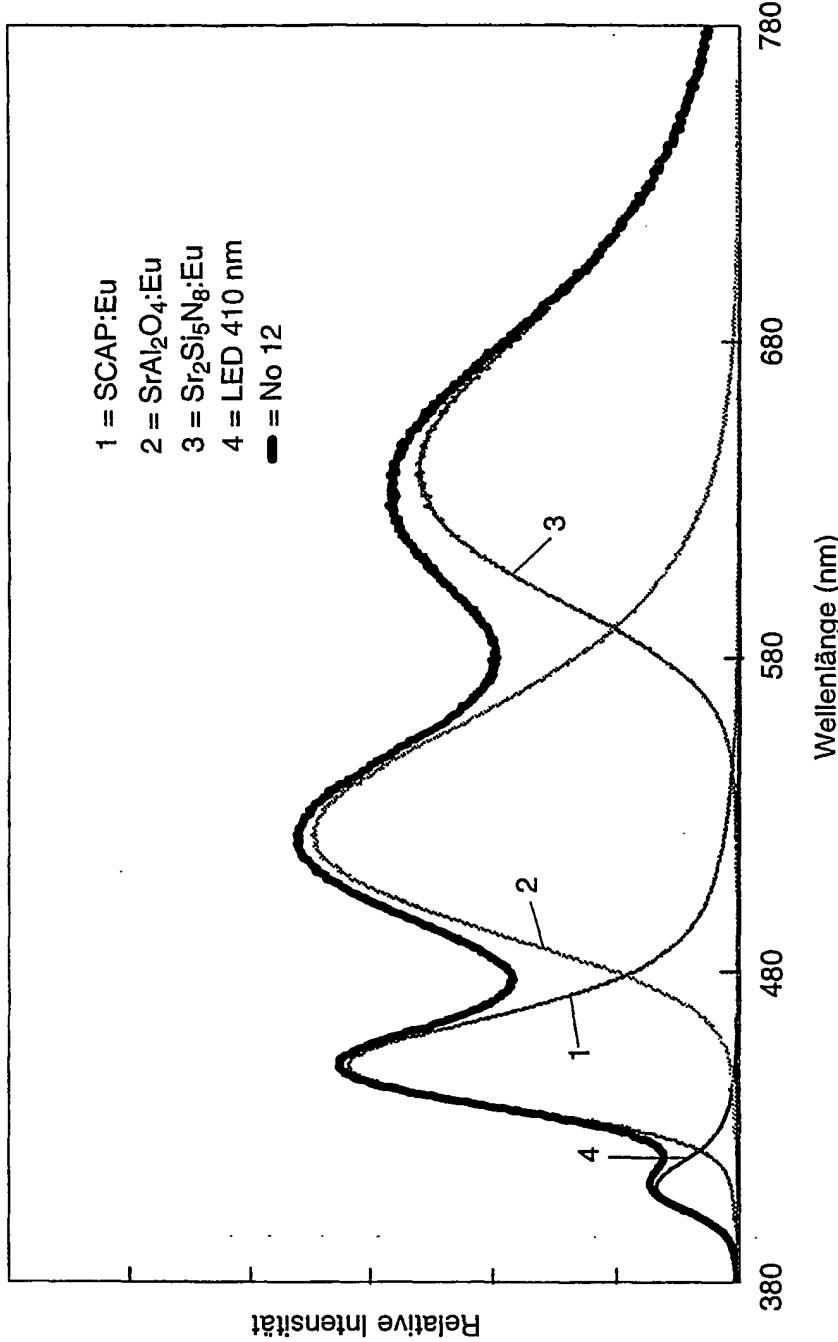


FIG. 14

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

14/16

## Ausführungsbeispiel 13

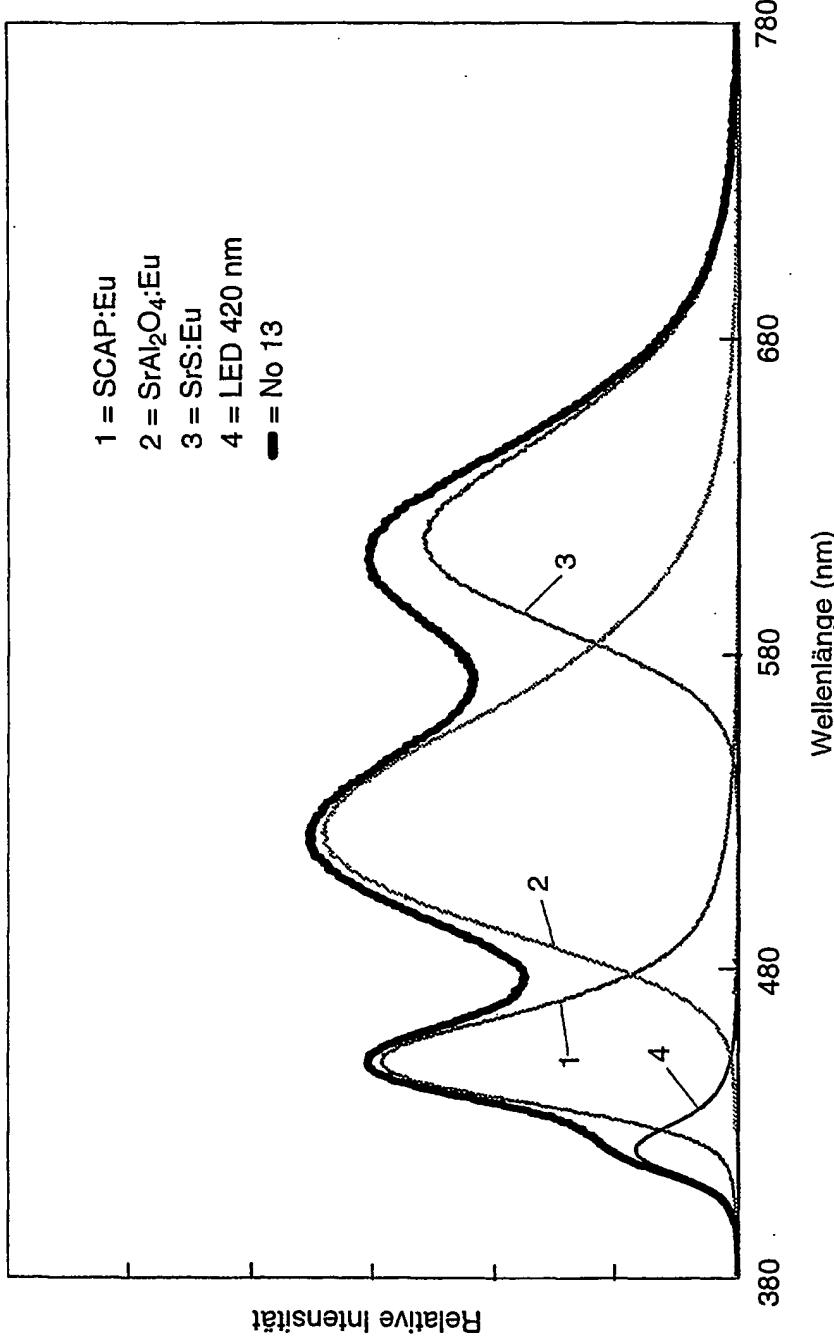


FIG. 15

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

15/16

## Ausführungsbeispiel 14

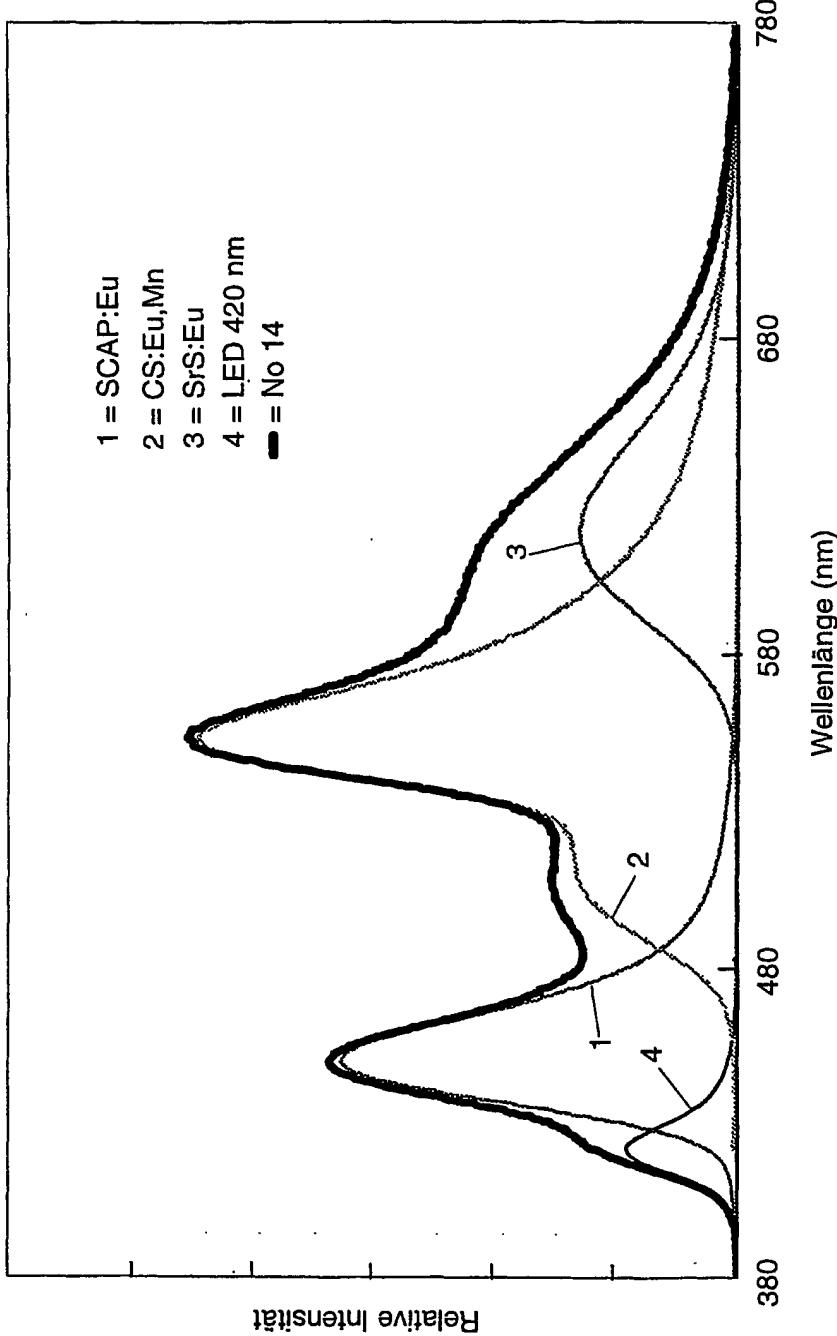


FIG. 16

WO 02/11214

PCT/DE01/02849

16/16

## Ausführungsbeispiel 15

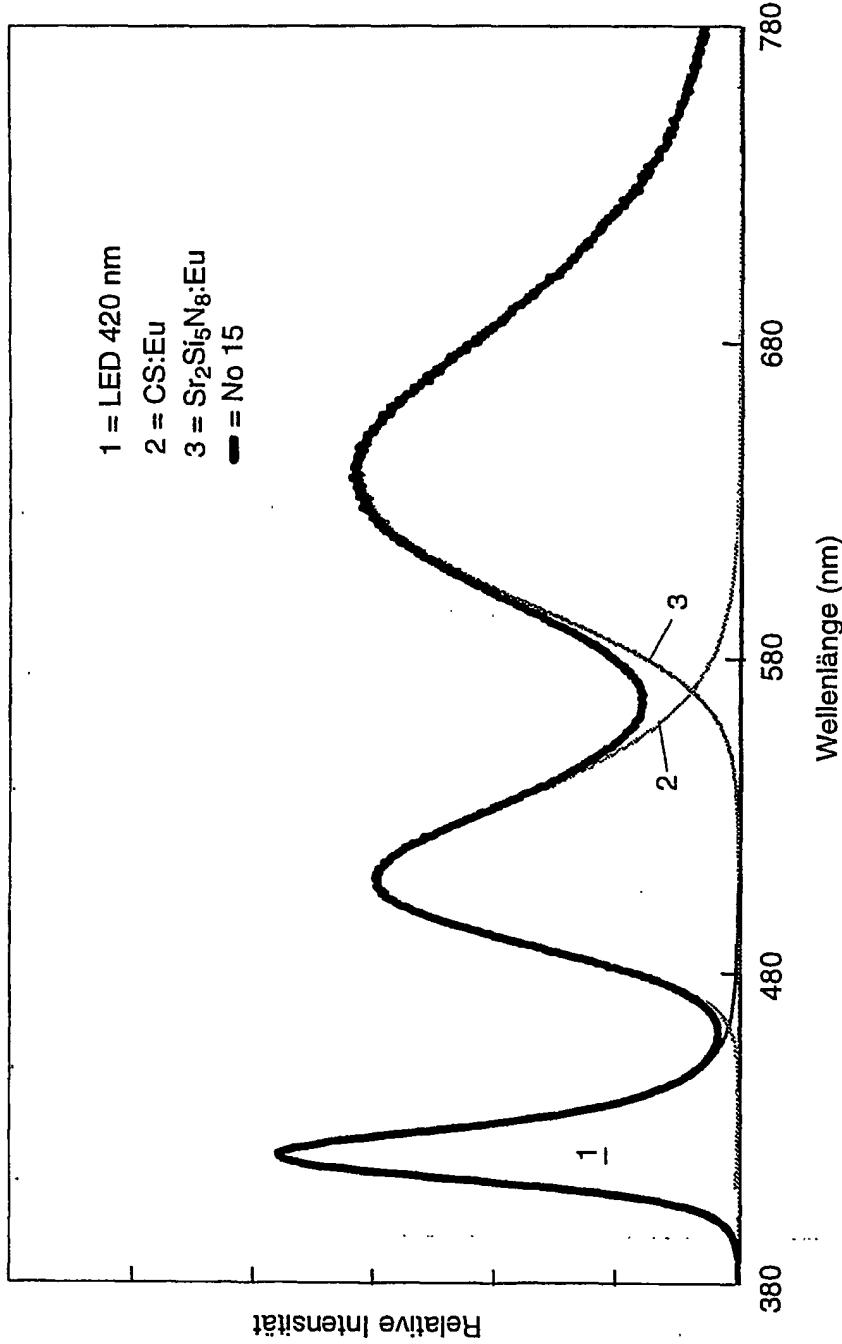


FIG. 17

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l	ional Application No
PCT/DE 01/02849	

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC
---

B. FIELDS SEARCHED
--------------------

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
---

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
--

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC
-------------------------------------

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT
--

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 00 32982 A (GEN ELECTRIC) 8 June 2000 (2000-06-08) page 5, line 17 -page 7, line 8 ---	1-5,7,9
A	WO 98 39805 A (JUESTEL THOMAS ;NIKOL HANS (DE); RONDA CEES (DE); PHILIPS PATENTVE) 11 September 1998 (1998-09-11) cited in the application the whole document --- -/-	1-5,9, 13,14,16

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the International search report
---	--

27 November 2001	04/12/2001
------------------	------------

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	De Laere, A

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int	onal Application No
PCT/DE 01/02849	

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SATO Y ET AL: "FULL-COLOR FLUORESCENT DISPLAY DEVICES USING A NEAR-UV LIGHT-EMITTING DIODE" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, PUBLICATION OFFICE JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. TOKYO, JP, vol. 35, no. 7A, 1 July 1996 (1996-07-01), pages L838-L839, XP000733074 ISSN: 0021-4922 the whole document ----	1-5, 16-19
A	EP 0 933 823 A (PATRA PATENT TREUHAND ;SIEMENS AG (DE)) 4 August 1999 (1999-08-04) column 6, line 32-45; figure 3 ----	1,13-15
A	US 3 544 481 A (BARRY THOMAS L) 1 December 1970 (1970-12-01) the whole document ----	1,4,8
P,X	US 6 255 670 B1 (DUGGAL ANIL RAJ ET AL) 3 July 2001 (2001-07-03) the whole document ----	1,3-5,7, 9,13,15
P,A	-----	2

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/02849

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO 0032982	A 08-06-2000	US 6299338 B1		09-10-2001
		AU 1838700 A		19-06-2000
		WO 0032982 A1		08-06-2000
WO 9839805	A 11-09-1998	DE 19756360 A1		10-09-1998
		DE 19802046 A1		17-09-1998
		EP 0907970 A1		14-04-1999
		EP 0907971 A1		14-04-1999
		WO 9839805 A1		11-09-1998
		WO 9839806 A1		11-09-1998
		JP 2000509912 T		02-08-2000
		JP 2000511586 T		05-09-2000
		US 6051925 A		18-04-2000
		US 6084250 A		04-07-2000
EP 0933823	A 04-08-1999	DE 19803936 A1		05-08-1999
		EP 0933823 A2		04-08-1999
		JP 11289098 A		19-10-1999
US 3544481	A 01-12-1970	DE 1811483 A1		14-08-1969
		FR 1593789 A		01-06-1970
		GB 1170919 A		19-11-1969
US 6255670	B1 03-07-2001	US 6294800 B1		25-09-2001

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In - nationales Aktenzeichen

Eu., DE 01/02849

A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01L33/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 00 32982 A (GEN ELECTRIC) 8. Juni 2000 (2000-06-08) Seite 5, Zeile 17 -Seite 7, Zeile 8 ---	1-5,7,9
A	WO 98 39805 A (JUESTEL THOMAS ;NIKOL HANS (DE); RONDA CEES (DE); PHILIPS PATENTVE) 11. September 1998 (1998-09-11) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1-5,9, 13,14,16

 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

27. November 2001

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

04/12/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

De Laere, A

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inl - **nationales Aktenzeichen**  
**P., DE 01/02849**

**C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	SATO Y ET AL: "FULL-COLOR FLUORESCENT DISPLAY DEVICES USING A NEAR-UV LIGHT-EMITTING DIODE" JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, PUBLICATION OFFICE JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS. TOKYO, JP, Bd. 35, Nr. 7A, 1. Juli 1996 (1996-07-01), Seiten L838-L839, XP000733074 ISSN: 0021-4922 das ganze Dokument ----	1-5, 16-19
A	EP 0 933 823 A (PATRA PATENT TREUHAND ;SIEMENS AG (DE)) 4. August 1999 (1999-08-04) Spalte 6, Zeile 32-45; Abbildung 3 ----	1,13-15
A	US 3 544 481 A (BARRY THOMAS L) 1. Dezember 1970 (1970-12-01) das ganze Dokument ----	1,4,8
P,X	US 6 255 670 B1 (DUGGAL ANIL RAJ ET AL) 3. Juli 2001 (2001-07-03) das ganze Dokument -----	1,3-5,7, 9,13,15
P,A	-----	2

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/02849

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0032982	A	08-06-2000	US	6299338 B1		09-10-2001
			AU	1838700 A		19-06-2000
			WO	0032982 A1		08-06-2000
WO 9839805	A	11-09-1998	DE	19756360 A1		10-09-1998
			DE	19802046 A1		17-09-1998
			EP	0907970 A1		14-04-1999
			EP	0907971 A1		14-04-1999
			WO	9839805 A1		11-09-1998
			WO	9839806 A1		11-09-1998
			JP	2000509912 T		02-08-2000
			JP	2000511586 T		05-09-2000
			US	6051925 A		18-04-2000
			US	6084250 A		04-07-2000
EP 0933823	A	04-08-1999	DE	19803936 A1		05-08-1999
			EP	0933823 A2		04-08-1999
			JP	11289098 A		19-10-1999
US 3544481	A	01-12-1970	DE	1811483 A1		14-08-1969
			FR	1593789 A		01-06-1970
			GB	1170919 A		19-11-1969
US 6255670	B1	03-07-2001	US	6294800 B1		25-09-2001